



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

# PATENTSCHRIFT

(11) DD 287 573 A5

5(51) G 01 G 13/04

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 G / 332 200 1	(22)	30.08.89	(44)	28.02.91
(71)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, O - 1080 Berlin, DE				
(72)	Krug, Hans, Dr. sc. techn.; Lindau, Bernd, Dipl.-Ing., DE				
(73)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Kernforschung, Patentbüro, O - 8051 Dresden, DE				
(74)	siehe (73)				
(54)	Verfahren zum schnellen und genauen Abfüllen von fließfähigem Material				

(55) Abfüllen; fließfähiges Material; Dosierfehler; Nachlauf; Abfüllgeschwindigkeit; Führungsfunktion; Regulierung; Massestrom

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum schnellen und genauen Abfüllen von fließfähigem Material. Dosier- und Abfüllprozesse spielen in zahlreichen Zweigen der Industrie eine entscheidende Rolle. Als Einsatzgebiete der Erfindung kommen vor allem die mechanische und chemische Verfahrenstechnik, die Gummiindustrie, Plastverarbeitung, aber auch die Nahrungsmittelindustrie und Pharmazie in Frage. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem der Dosierfehler – verursacht durch den Nachlauf – beseitigt wird, ohne auf hohe Abfüllgeschwindigkeiten zu verzichten. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß vor dem Einsatz der Abfüllanlage die für diese Anlage maximal zulässigen Werte für Geschwindigkeit und Beschleunigung des Massestromes bestimmt und unter Einhaltung dieser Grenzwerte der optimale Zeitverlauf der Abfüllvorganges festgelegt und anschließend als Führungsfunktion abgespeichert wird oder daß die Führungsfunktion während des Abfüllvorganges in Echtzeitbetrieb laufend in gleicher Weise berechnet wird, daß während der Abfüllvorganges kontinuierlich ein Meßsignal für das Istgewicht (aktueller Füllstand) gewonnen wird, mit dem nach der Führungsfunktion berechneten Führungswerte verglichen und aus der Differenz der beiden Werte ein Signal für die Regulierung des Massestromes gewonnen wird, wobei die Führungsgrößenberechnung in Abhängigkeit von dem gemessenen Istwert erfolgt.

ISSN 0433-6461

6 Seiten

**Patentanspruch:**

Verfahren zum schnellen und genauen Abfüllen von fließfähigem Material mittels einer rechnergesteuerter Abfüllanlage, bei dem der Massestrom der Dosierorgane in Abhängigkeit vom Vergleich des Masseistwertes mit einem Massesollwert verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Einsatz der Abfüllanlage die für diese Anlage maximal zulässigen Werte für Geschwindigkeit und Beschleunigung des Massestromes bestimmt und unter Einhaltung dieser Grenzwerte der optimale Zeitverlauf des Abfüllvorganges festgelegt und dieser anschließend als Führungsfunktion abgespeichert wird oder daß die Führungsfunktion während des Abfüllvorganges in Echtzeitbetrieb laufend in gleicher Weise berechnet wird, daß während des Abfüllvorganges kontinuierlich ein Meßsignal für das Istgewicht (aktueller Füllstand) gewonnen wird, mit dem nach der Führungsfunktion berechneten Führungswert verglichen und aus der Differenz der beiden Werte ein Signal für die Regulierung des Massestromes gewonnen wird, wobei die Führungsgrößenberechnung und Ausgabe in Abhängigkeit von dem gemessenen Istwert erfolgt.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum schnellen und genauen Abfüllen von fließfähigem Material. Dosier- und Abfüllprozesse spielen in zahlreichen Zweigen der Industrie eine entscheidende Rolle. Als Einsatzgebiete der Erfindung kommen vor allem die mechanische und chemische Verfahrenstechnik, die Gummiindustrie, Plastikverarbeitung, aber auch die Nahrungsmittelindustrie und Pharmazie in Frage.

**Charakteristik des bekannten Standes der Technik**

Beim Abfüllen fließfähiger Stoffe durch automatische Abfüll- bzw. Dosieranlagen besteht die Aufgabe, das betreffende Abfüllgut in kürzester Zeit und mit möglichst großer Genauigkeit abzufüllen. Beides steht jedoch im Widerspruch zueinander. Große Abfüllgeschwindigkeit ( $\approx$  großer Massestrom) in unmittelbarer Nähe des Abschaltpunktes hat einen großen Dosierfehler aufgrund des Nachlaufes – das ist die über den Abschaltpunkt hinaus abgefüllte Masse – zur Folge. Zwischen Abfüllgeschwindigkeit und Nachlauf muß ein Kompromiß gefunden werden.

Allgemein bekannt zur Erreichung hoher Abfüllgenauigkeit ist, den Füll- bzw. Dosierprozeß zu unterteilen in eine Grob- und in eine Feinstromabfüllung, d. h. bei Annäherung der Füllmasse an die Sollmasse wird die Füllgutzufuhr gedrosselt, und die letzte Phase der Füllung erfolgt durch einen feinen Gutstrom.

Hierfür ist bereits vorgeschlagen worden (DD-WP 83026), z. B. Behälterwaagen mit einer elektronischen Programmsteuerung auszurüsten, welche so ausgebildet ist, daß sie in Abhängigkeit vom Vergleich eines von einer Sollwert-Eingabeeinrichtung (Einrichtung an der Massesollwerte der einzelnen Stoffe gemäß einem Rezept von Hand eingestellt werden oder automatische Einrichtung, welche die Werte von einem Datenträger abtastet) abgefragten Massesollwertes mit einem von einem Meßwertgeber der Behälterwaage ermittelten Meßwert die Ein-, Um- bzw. Abschaltung der Dosierorgane gemäß einem Abtastprogramm bewirkt.

Bei einem weiteren numerisch arbeitenden bekannten Verfahren (DD-WP 58396) wird vom Sollwert der Wert der bereits dosierten Rohstoffmenge oder des Gutes subtrahiert. Auch diese Dosierungsart erfolgt im Grobstrom bis zu einem zweiten fest eingestellten Sollwert, der größer als Null ist. Beim Erreichen dieses zweiten Sollwertes erfolgt eine Umschaltung auf Dosierung im Feinstrom, um beim Erreichen des Wertes Null zu enden.

Mit den bekannten Verfahren der 2-Bereichs-Dosierung kann der Dosierfehler aufgrund des Nachlaufes beträchtlich verringert, aber nicht beseitigt werden. Es ist deshalb auch bereits vorgeschlagen worden, eine Korrektur des Abschaltpunktes in Abhängigkeit vom gemessenen Nachlauf vorzunehmen.

In DD-WP 34033 wird eine selbsttätige Schüttwaage beschrieben, deren Wägelement eine Neigungsgewichtseinrichtung ist. Das Material wird in einen auf einer Neigungswaage stehenden Behälter eingefüllt. An der Skala der Neigungswaage befinden sich zwei Lichtschranken, die von Hand eingestellt werden. Dabei dient eine Lichtschranke der Grob- und Feinstromumschaltung, während die andere den Materialfluß abschaltet. Diese Lichtschranke ist so eingestellt, daß bereits vor Erreichen der Nulllage des Zeigers die Abschaltung des Zustroms erfolgt, um den Nachstrom entsprechend auszugleichen. Bleibt das Nachstromverhalten des Schüttgutes konstant, so sind mit diesem Verfahren hohe Dosiergenauigkeiten zu erreichen. In der Praxis ist es aber nicht zu vermeiden, daß das Nachstromverhalten durch Schwankungen der Schüttdichte, Änderung der Körnung, des Feuchtegehaltes usw. beeinflußt wird. Dies führt dann zu Dosierfehlern.

Diesem Fehler versucht man in DD-WP 66293 zu begegnen, indem laufend Gewichtskontrollen der abgefüllten Massen – vorzugsweise Mittelwertbildung von 10 laufenden Wägungen – durchgeführt werden und der Nachstromregler ständig korrigiert wird.

Trotz dieser Steuerung des Nachstromverhaltens sind aber Dosierfehler nicht zu vermeiden. Ursache ist darin zu sehen, daß auf Änderungen im Nachstromverhalten des Schüttgutes nicht sofort reagiert werden kann. Erst nach mehreren Wägungen – in der Regel 10 – wird nach arithmetischer Mittelwertbildung eine entsprechende Nachlaufkorrektur vorgenommen. In dieser Zeitspanne kann sich das Verhalten des Schüttgutes bereits wieder verändert haben.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, die Dosiergenauigkeit weiter zu verbessern.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem der Dosierfehler – verursacht durch den Nachlauf – beseitigt wird, ohne auf hohe Abfüllgeschwindigkeiten zu verzichten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß vor dem Einsatz der Abfüllanlage die für diese Anlage maximal zulässigen Werte für Geschwindigkeit und Beschleunigung des Massestromes bestimmt und unter Einhaltung dieser Grenzwerte der optimale Zeitverlauf des Abfüllvorganges festgelegt und anschließend als Führungsfunktion abgespeichert wird oder daß die Führungsfunktion während des Abfüllvorganges in Echtzeitbetrieb laufend in gleicher Weise berechnet wird, daß während des Abfüllvorganges kontinuierlich ein Meßsignal für das Istgewicht (aktueller Füllstand) gewonnen wird, mit dem nach der Führungsfunktion berechneten Führungswert verglichen und aus der Differenz der beiden Werte ein Signal für die Regulierung des Massestromes gewonnen wird, wobei die Führungsgrößenberechnung in Abhängigkeit von dem gemessenen Istwert erfolgt.

Mit diesem vorgeschlagenen Verfahren wird gewährleistet, daß die Abfüllgeschwindigkeit mit wachsender Annäherung des Abschaltpunktes vermindert wird. In unmittelbarer Nähe desselben ist sie so weit abgesunken, daß ein „Hinausschießen“ über das Ziel, d. h. eine weitere Masseabgabe (Nachlauf) vermieden wird.

Die Begrenzung der 3. Ableitung der Masse nach der Zeit bewirkt, daß der Beginn des Abfüllvorganges, das Hineinlaufen in die Konstantphase sowie das Erreichen der Sollmasse mit einem Anstieg des Massestromes von Null erfolgt. Damit wird eine minimale Schwingungsanregung der gesamten Abfüllanlage einschließlich der Meßeinrichtung gewährleistet, die sich in einer weiteren Verbesserung der Dosiergenauigkeit niederschlägt.

Als Führungsfunktion kann außer der oben genannten Funktion eine Rampenfunktion (Anstieg–Konstantteil–Abfall) oder eine Bestehornfunktion (harmonische Funktion) gewählt werden.

Der Regelung können wahlweise zugrunde gelegt werden: die Momentanwerte (Istwerte), die Istwertänderungen oder der momentane Abstand zum Ziel (ständiges Einregeln auf den Abschaltpunkt).

## Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll anhand von 2 Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

### Ausführungsbeispiel.

In Fig. 1 sind die durch die kontinuierliche Regelung zu realisierenden Massestromfunktionen für die zeitabhängige Steuerung, in Fig. 2 für die masseabhängige Steuerung dargestellt.

Diese Zeitverläufe für die Sollwerte von Massestrom bzw. Masse erhält man mit den Parametern

$$-K = \frac{d^2 m}{dt^2} \quad (3. \text{ Ableitung der Masse})$$

$$-T \quad (\text{Anlauf- bzw. Einlaufzeit}).$$

Sie können aus der einfach zu realisierenden Funktion für

$$K = \frac{d^3 m}{dt^3}$$

durch 2- bzw. 3fache Integration ermittelt werden.

Für das Vorzeichen von K gelten die folgenden Umschaltunkte:

$$1. \quad 0 < m < \frac{K \times T^3}{48} \quad K > 0$$

$$0 < x < \frac{K + T^2}{8}$$

$$2. \quad \frac{K \times T^3}{48} < m < \frac{K \times T^3}{8} \quad K < 0$$

$$\frac{K \times T^2}{8} < x < \frac{K \times T^2}{4}$$

$$3. \quad m_{\text{soll}} - \frac{KT^3}{8} < m < m_{\text{soll}} - \frac{K \times T^3}{48} \quad K < 0$$

$$\frac{K \times T^2}{4} < x < \frac{K \times T^2}{8}$$

$$4. \quad m_{\text{Soll}} - \frac{K \times T^2}{48} < m_{\text{Ist}}$$

$$\frac{K \times T^2}{8} < x < 0$$

$$K > 0$$

Unter Berücksichtigung dieser Umschaltunkte können die Sollwerte für Masse und Massestrom aus den folgenden einfachen Differenzgleichungen berechnet werden.

$$\text{Massestrom } x = \frac{dm}{dt}$$

$$\text{aus } K = \frac{d^2m}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2} \text{ folgt}$$

$$x[n] = 2 \times x[n-1] - x[n-2] + K T^2 \quad (1)$$

Masse m

$$\text{aus } x = \frac{dm}{dt} \text{ folgt}$$

$$m[n] = m[n-1] + x[n] \times T \quad (2)$$

Damit ist der zu einer bestimmten Masse gehörende Massestrom bekannt.

Es kann in Abhängigkeit vom Masse-Istwert der Massestromsollwert ausgegeben werden. Die praktische Realisierung dieses Verfahrens erfolgt zweckmäßig durch Auswertung zweier Tabellen, die zusammengehörige Werte der Masse und des Massestromes enthält.

Mit diesem Verfahren ist eine extrem genaue Abfüllung möglich. Jede Abweichung führt zu einer Zeitdehnung. Der Massestrom wird mit Sicherheit Null bei Erreichen der Sollmasse.

#### Ausführungsbeispiel 2

Dieses Ausführungsbeispiel beinhaltet die kontinuierliche Massestromregelung beginnend an einem festen oder variablen Abschaltpunkt.

In Fig. 3 ist das Erreichen der Sollmasse für den Fall einer fehlerfreien Regelung und für die Fälle, daß eine Regelabweichung von 30% auftritt dargestellt. Es wird ein linear abfallender Massestrom nach Gleichung (1) vorausgesetzt

$$x = \frac{dm}{dt} = x[n] (1 - t/T) \quad (1)$$

Während des Zieleinlaufs beträgt dann die Masseänderung

$$\Delta m = \int_0^T x dt = x[n] \times \frac{T}{2} \quad (2)$$

Damit folgt für den nach einer Abtastzeit  $\Delta T$  auszugebenden Massestromsollwert:

$$x[n+1] = x[n] (1 - \frac{\Delta T}{T}) \quad (3)$$

mit Gleichung (2) gilt:

$$x[n+1] = x[n] (1 - \frac{\Delta T \times x[n]}{2 \times \Delta m[n]}) \quad (4)$$

Mit Gleichung (4) kann der jeweils auszugebende Massestromwert berechnet werden. In jedem Fall wird die Sollmasse sicher erreicht. Wenn die Abfüllung in einer bestimmten Zeit abgeschlossen sein soll, kann der Massestromsollwert auch ständig nach Gleichung 2 Neuberechnet werden.

T – verbleibende Zeit  $\Delta m$  – gemessene Massedifferenz.

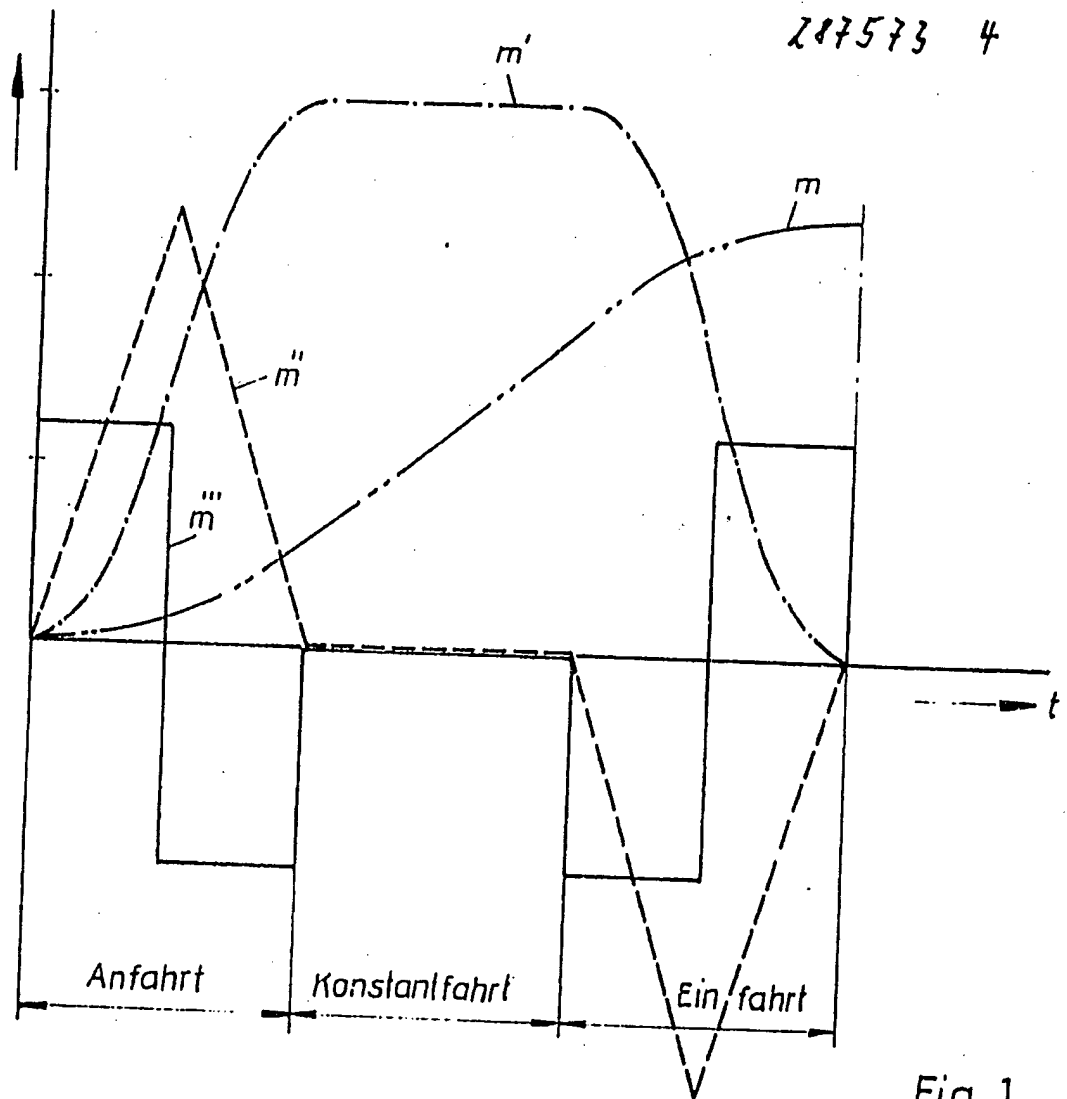
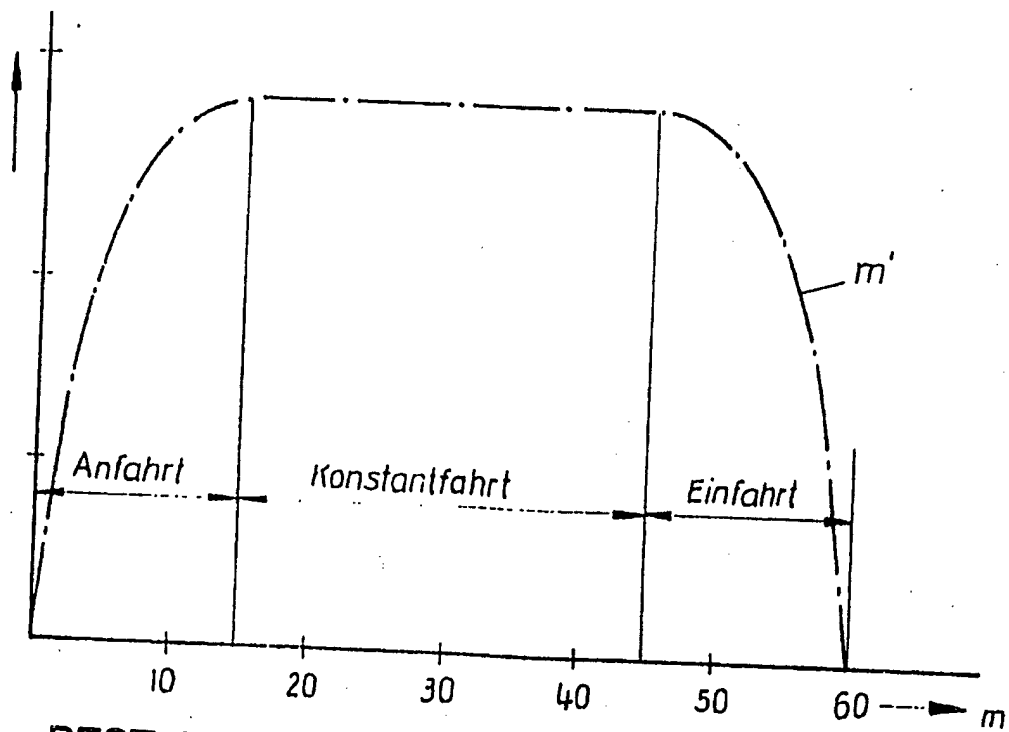


Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

Fig. 2

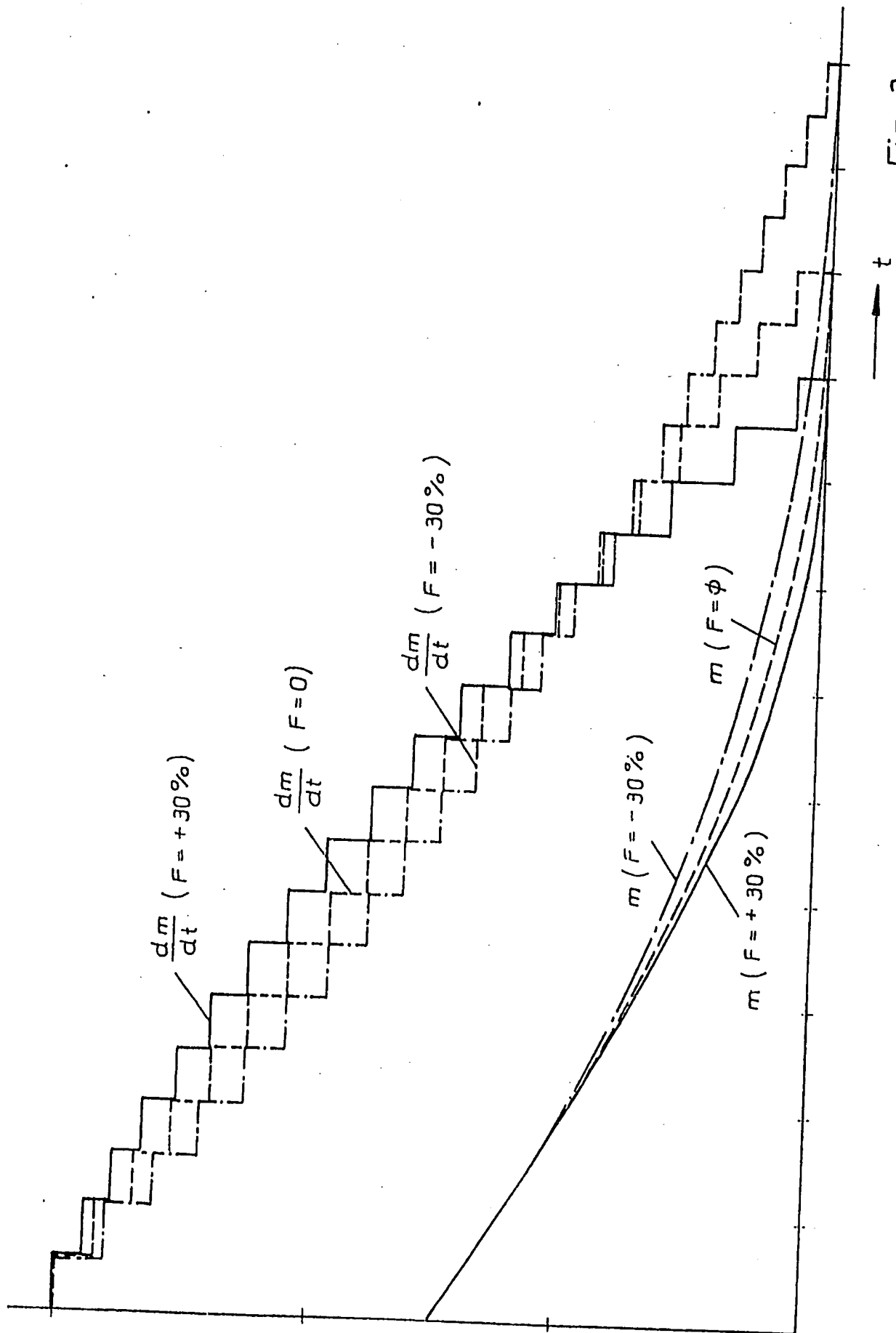


Fig. 3